



DEUTSCHES  
PATENTAMT

②1 Aktenzeichen: P 44 22 942.9  
②2 Anmeldetag: 30. 6. 94  
④3 Offenlegungstag: 4. 1. 96

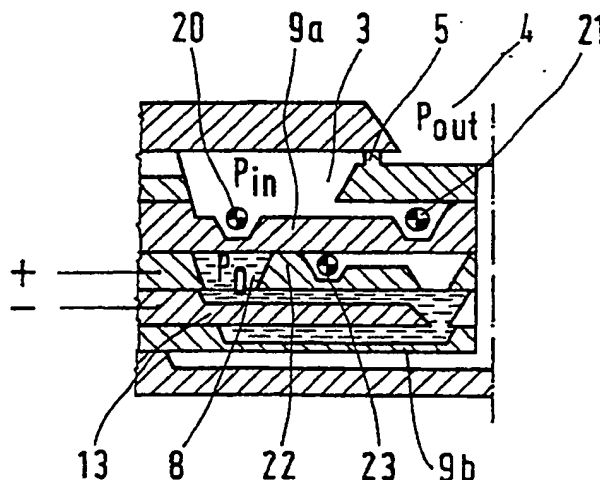
DE 44 22 942 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Mettner, Michael, Dipl.-Ing. Dr., 71640 Ludwigsburg, DE; Stokmaier, Gerhard, Dipl.-Ing., 71706 Markgröningen, DE; Schuelke, Armin, Dipl.-Ing., 71701 Schwieberdingen, DE; Nguyen-Schaefer, Thanh-Hung, Dipl.-Ing. Dr., 71679 Asperg, DE; Trah, Hans-Peter, Dipl.-Min. Dr., 72760 Reutlingen, DE; Doering, Christian, Dipl.-Ing., 70563 Stuttgart, DE; Schittny, Thomas, Dipl.-Phys. Dr., 71711 Steinheim, DE; Deuble, Peter, Dipl.-Ing., 70176 Stuttgart, DE; Uhler, Werner, Dipl.-Phys. Dr., 76646 Bruchsal, DE

⑤4 Vorrichtung für den Antrieb eines Mikroventils

⑤7 Es wird eine Vorrichtung für den Antrieb eines Mikroventils vorgeschlagen, bei dem das Ventilschließglied (2) zwischen zwei mit Druckmittel beaufschlagbaren Räumen (3, 4) in einem Ventilgehäuse angeordnet ist und über einen Ventilsitz (5) an eine gemeinsame Wand der Räume 3, 4 dichtend anlegbar ist. Um eine optimale Kraftübertragung vom beispielsweise elektrostatischen Antrieb (13) zur Bewegung der Dichtlippen (17) am Ventilsitz (5) bei möglichst großem Ventilhub zu erreichen, ist mindestens ein Hebelsmechanismus (20, 21, 23; 18; 19) vorhanden, der entweder eine gleichsinnige oder eine gegensinnige Kraftübersetzung ermöglicht. Hierbei kann eine erforderliche Rückstellkraft direkt oder über einen Hebelarm (14) gegen die Antriebskraft ( $F_1$ ) wirken.



DE 44 22 942 A 1

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für den Antrieb eines Mikroventils mit einem Ventilschließglied zur Steuerung eines Volumenstromes nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Es ist bereits ein Mikroventil aus der DE-OS 39 19 876 bekannt, bei dem das Ventilschließglied mittels eines elektrostatischen Antriebs von einem dichtenden Ventilsitz wegbewegt werden kann. Die dichtende Ausgangsstellung wird hierbei durch eine sich in der Ruhestellung befindliche Membran, an der das Ventilschließglied gehalten ist, und einen durch ein Druckmittel erzeugten, auf den Ventilsitz wirkenden Innendruck bewirkt. Die Membran trennt einen Eingangsdruckraum von einer geschlossenen Druckausgleichskammer. Die Drücke im Eingangsdruckraum, im Ausgangsdruckraum und in der Druckausgleichskammer sind hierbei unabhängig voneinander ausgeglichen. Zur Öffnung des Ventils muß eine ausreichende Kraft aufgebracht werden, um insbesondere eine Auslenkung der Membran zu bewerkstelligen, die zu einer entsprechenden Bewegung des Ventilschließgliedes führt. Der erreichbare Öffnungshub des Ventilschließgliedes ist durch die Antriebskraftdichte des elektrostatischen Antriebs, die mit zunehmendem Plattenabstand des durch die Elektroden gebildeten Kondensators abnimmt, begrenzt. Größere Öffnungshübe können beispielsweise mit großen Antriebsflächen, d. h. mit großen lateralen Ventilabmessungen und den damit verbundenen Herstellungsproblemen, erreicht werden.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung für den Antrieb eines Mikroventils mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs ist insofern vorteilhaft, als daß durch besondere Ausgestaltungen der Kraftübersetzung vom Betätigungsorgan (Antrieb) auf die Arbeitsmembran große Öffnungshübe realisiert werden können. Unter Ausnutzung der Hebelwirkungen eines oder mehrerer Hebel bei der Kraftübertragung auf das Ventilschließglied ist es möglich, auch bei relativ kleinen Ventilabmessungen große Antriebskraftdichten im Mikroventil zu erreichen.

Besonders vorteilhaft sind die Ausführungsformen gemäß der Unteransprüche, wenn sich der Öffnungshub des Ventilschließgliedes und eine Bewegung der Dichtlippen des Ventilsitzes addieren, ohne eine Änderung des bei den vorher beschriebenen Ausführungsformen vorhandenen Übersetzungsverhältnisses vorzunehmen. Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform ergibt sich, wenn die Rückstellfederkraft der Membranen am Kraftarm des Ventilschließgliedes angreift. Auch kann die erforderliche Antriebskraft zur Bewältigung des erforderlichen Öffnungshubs relativ klein gehalten werden.

## Zeichnung

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Mikroventils werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Schnitt durch eine druckausgeglichenes Mikroventil ohne Hebelübersetzung;

Fig. 2 einen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbei-

spiel eines erfindungsgemäßen Mikroventils mit einer Hebelübersetzung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung der Kraftübersetzung beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2;

Fig. 4 einen Schnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikroventil mit einer Hubvergrößerung bei der Hebelübersetzung;

Fig. 5 eine schematische Darstellung der Kraftübersetzung beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 4;

Fig. 6 einen Schnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Mikroventil mit relativ kleinen erforderlichen Stellkräften und

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Kraftübersetzung beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 6.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In der Fig. 1 ist ein Schnitt durch ein druckausgeglichenes Mikroventil 1 ohne Hebelübersetzung dargestellt, bei dem im Inneren ein Ventilschließglied 2 zwischen zwei druckbeaufschlagbaren Räumen 3 und 4 angeordnet ist. In dem inneren Eingangsdruckraum 3 ist ein Druck  $P_{in}$  aufgebaut, wobei als Druckmittel vorzugsweise eine Flüssigkeit dient, die durch einen Zulauf 6 einbringbar ist. In dem äußeren Raum 4 herrscht ein Druck  $P_{out}$  (Saugdruck), der vorzugsweise mittels Luft erzeugt wird. In dieser Ausführungsform ist das Mikroventil beispielsweise als Kraftstoff-Einspritzventil einsetzbar. Die Abdichtung zwischen den Räumen 3 und 4 erfolgt über einen hier ringförmigen Ventilsitz 5, der in der hier dargestellten druckausgeglichenen Ruhestellung geschlossen ist. Durch Pfeile 7 ist die ausgleichende Kraftwirkung des Innendrucks  $P_{in}$  auf das Ventilschließglied 2 verdeutlicht, durch die ein konstantes Dichtverhalten des Ventilsitzes 5 auch bei Schwankungen des Innendrucks  $P_{in}$  gewährleistet ist.

Im Inneren des Mikroventils 1 befindet sich eine Druckausgleichskammer 8 (Kavität) mit einem Druck  $P_0$ , wobei die Drücke in den Räumen 3 und 4 sowie in der Druckausgleichskammer 8 unabhängig voneinander ausgeglichen sind. Die Arbeitsmembran 9 ist am Membraninnen- und Membranaußenrand am Ventilgehäuse bzw. am Ventilschließglied 2 gehalten. Der äußere Raum 4, mit dem Druck  $P_{out}$ , ist derart in den Bereich der Druckausgleichskammer 8 gezogen, daß auch hier eine Druckausgleichsmembran 11 gebildet ist, die einen Druckausgleich bezüglich des äußeren Drucks  $P_{out}$  bewirkt. Die Wirkung dieses Druckausgleichs ist mit Pfeilen 12 gekennzeichnet.

Zur Betätigung des Ventilschließgliedes 2, d. h. zur Öffnung des Ventilsitzes 5, ist ein elektrostatischer Antrieb 13 vorhanden, der die Arbeitsmembran 9 als Gegenelektrode besitzt und durch elektrostatische Kraftwirkung eine Bewegung der Arbeitsmembran 9 und damit des Ventilschließgliedes 2 bewirkt. Dieser elektrostatische Antrieb 13 ist fest am Ventilgehäuse gehalten. Um eine einfache Montage der, vorzugsweise in einer mikromechanischen Schichtbauweise hergestellten Mikroventile, zu erreichen sind eine Vielzahl von Fügestellen vorhanden, an denen die separat hergestellten Schichten elektrisch isoliert zusammengefügt (beispielsweise geklebt oder gebondet) werden. Die Fügestellen sind in den Figuren jeweils durch eine Änderung der Richtung der Schraffur zu erkennen.

Beim ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Antriebs nach Fig. 2 ist, wie bei allen nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen, nur eine Hälfte des weitgehend rotationssymmetrisch aufgebauten

Mikroventils 1 dargestellt. Der elektrostatische Antrieb 13 erzeugt hier eine Kraftwirkung in bezug auf die Arbeitsmembranen 9a und 9b, wobei die Arbeitsmembran 9a als Hebel ausgebildet ist und mit elastischen Lagern 20 und 21 am Membranaußen- und am Membraninnenrand gehalten wird. Eine bewegliche Kondensatorplatte 22 ist über einen Hebel 23 (elastisches Lager) mit dem oben beschriebenen Teil der Arbeitsmembran 9 verbunden und bewirkt so, daß eine relativ kleine Bewegung der Kondensatorplatte 22 zu einer Öffnung des Ventilschließgliedes 2 am Ventil Sitz 5 führt.

Die Wirkungen der im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 wirkenden Kräfte sind in der Fig. 3 gezeigt, in der der Antrieb 13 die Kraft  $F_1$ , zur Bewegung der Arbeitsmembranen 9a und 9b in der Richtung  $x_1$ , erzeugt. Am äußeren Ende eines Hebels 14 wirkt somit eine gleichsinnige Kraft  $F_2$  mit einem entsprechend größeren Weg  $x_2$ , die gegen eine Rückstellkraft (Feder 15 bzw. Arbeitsmembran 9a und 9b) arbeitet. Der Hebel 14 ist an einem Punkt 16 am Ventilgehäuse gehalten.

Beim zweiten Ausführungsbeispiel nach Fig. 4 wird der Ventil Sitz 5 mit einer Dichtlippe 17 über eine Hebelübersetzung 18 an das Ventilschließglied 2 durch eine Bewegung des Ventilschließgliedes 2 herangedrückt. Der Antrieb 13 arbeitet somit auch gegen die Dichtlippe 17, deren Federkraft auf die Kraftwirkung der Antriebsseite übersetzt wird. Hierbei wird die Dichtlippe 17, die einen größeren Hub als die Membranen 9 und 11 auszuführen hat, mit einer wesentlich kleineren Federkonstante als die Federkonstante der Membranen 9 und 11 ausgelegt.

Die Wirkung der Kräfte beim zweiten Ausführungsbeispiel nach der Fig. 4 sind schematisch in der Fig. 5 dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel greift die Rückstellkraft der Membranen 9 und 11 (Feder 15a) direkt am Ventilschließglied 2 (in Fig. 5: Schicht 24) und die Federkraft der Dichtlippe 17 (in Fig. 5: Feder 15a) am Lastarm an; somit wirken diese Kräfte der Antriebskraft  $F_1$  entgegen. Die mittels der Hebelübersetzung 18 erwirkte Bewegung  $x_2$  der Dichtlippe 17, relativ zum Ventilschließglied 2, addiert sich hierbei zum Hub des direkt angetriebenen Ventilschließgliedes 2 und führt zu einer optimalen Hubvergrößerung beim Mikroventil 1.

Das in der Fig. 6 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel weist in Abwandlung von den vorher beschriebenen Mikroventilen einen Hebelmechanismus 19 auf, mit dem die Bewegung der Arbeitsmembran 9 auf das Ventilschließglied 2 übertragen wird. In Fig. 7 ist der entsprechende Mechanismus der Kraftübertragung skizziert. Die Antriebskraft  $F_1$  (Richtung  $x_1$ ) des Antriebs 13 wirkt auf die Arbeitsmembran 9 und direkt gegen die Rückstellkraft der Arbeitsmembran 9 (Feder 15). Dadurch, daß die Rückstellkraft der Feder 15 nicht übersetzt wird und der Hub auf der Antriebsseite kleiner ist als auf der Seite des Ventilschließgliedes 2, reichen bei einer vorgegebenen Mindestfederkonstanten kleinere erforderliche Stellkräfte aus. Die Bewegungsrichtung  $x_2$  auf der Seite des Ventilschließgliedes 2 ist durch die Umlenkung am Angriffspunkt 16 gegensinnig zur Bewegungsrichtung  $x_1$  auf der Antriebsseite, wobei die Hebelrehlager (Angriffspunkt 16) durch elastische Gelenke gebildet sind.

Das Mikroventil 1 nach Fig. 6 ist sowohl hinsichtlich des Eingangsdrucks  $P_{in}$  als auch hinsichtlich des Ausgangsdrucks  $P_{out}$  druckausgeglichen. Hierzu wird der Druck  $P_{out}$  über die schlaife Membrane 11 in die Druckausgleichskammer 8 (Kavität) übertragen, so daß  $P_0$  gleich  $P_{out}$  ist und unter Berücksichtigung des Hebel-

übersetzungsverhältnisses können die Flächen der Membranen 9 und 11 sowie die Oberfläche 10 des Ventilschließgliedes 2 so dimensioniert werden, daß der oben erwähnte Druckausgleich immer gewährleistet ist.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung für den Antrieb eines Mikroventils, bei der
  - ein Ventilschließglied (2) derart bewegbar ist, daß es zwischen zwei mit Druckmittel beaufschlagbaren Räumen (3, 4) über einen Ventil Sitz (5) an eine gemeinsamen Wand der Räume (3, 4) dichtend anlegbar ist,
 dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Kraftübertragung vom Antrieb (13) zur Bewegung des Ventilschließgliedes (2) und/oder von Dichtlippen (17) am Ventil Sitz (5) über einen Hebelmechanismus (18; 19) erfolgt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Wirkung der Kraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) gleichsinnig mit der Bewegungsrichtung ( $x_2$ ) des Ventilschließgliedes (2) ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Wirkung der Kraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) gegensinnig zu der Bewegungsrichtung ( $x_2$ ) des Ventilschließgliedes (2) ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Rückstellkraft einer Arbeitsmembran (9) (Feder 15), die eine am Ventil Sitz (5) dichtende Ruhestellung gewährleistet, direkt gegen die Antriebskraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) wirkt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Rückstellkraft der mindestens einen Arbeitsmembran (9; 9a, 9b) (Feder 15), die eine am Ventil Sitz (5) dichtende Ruhestellung gewährleistet, über mindestens einen Hebelarm gegen die Antriebskraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) wirkt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Arbeitsmembran (9) über elastische Lager (20, 21) am Membranaußen- und am Membraninnenrand im Mikroventil (1) gehalten ist und daß
  - die Antriebskraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) über eine, an einem elastischen Lager (13) gehaltene, Kondensatorplatte (22) auf die Arbeitsmembran (9) übertragen wird.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß
  - eine Dichtlippe (17) am Ventil Sitz (5) über einen Hebelmechanismus (18) (Hebelarm 14) derart auslenkbar ist, daß bei einer Bewegung des Ventilschließgliedes (2) eine gegensinnige Bewegung der Dichtlippe (17) erfolgt und daß
  - die Rückstellkraft einer Arbeitsmembran (9) (Feder 15), sowohl direkt als auch über den Hebelmechanismus (18) gegen die Antriebskraft ( $F_1$ ) des Antriebs (13) wirkt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß
  - die Arbeitsmembran (9) direkt auf einen

Hebelmechanismus (19) (Hebelarm 14) ein-  
wirkt, mit dem über ein elastisches Gelenk (16)  
die Antriebskraft des Antriebs (13) gegensei-  
tig auf das Ventilschließglied (2) zur Öffnung  
des Ventilsitzes (5) übertragbar ist.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß

- das Mikroventil (1) mit Mehrschichten-  
struktur in einer Silizium-, Dünnschicht- oder  
Dickschicht-Technologie hergestellt ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

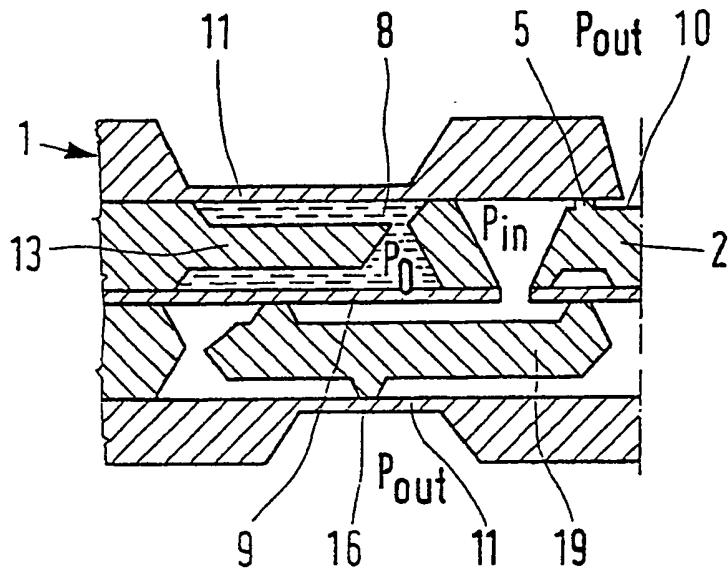


Fig. 6

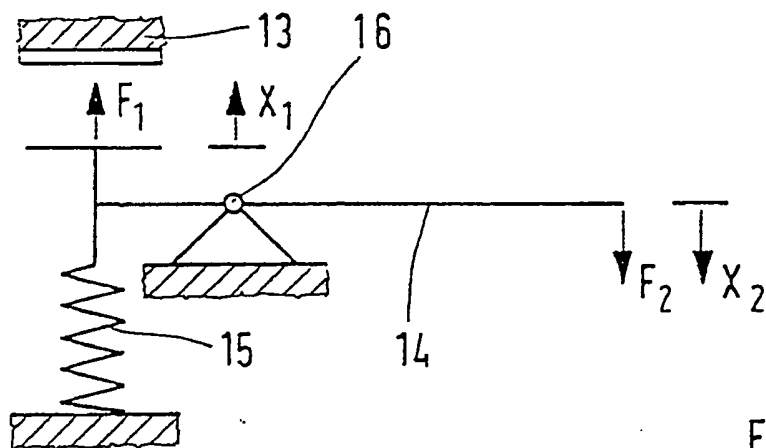


Fig. 7

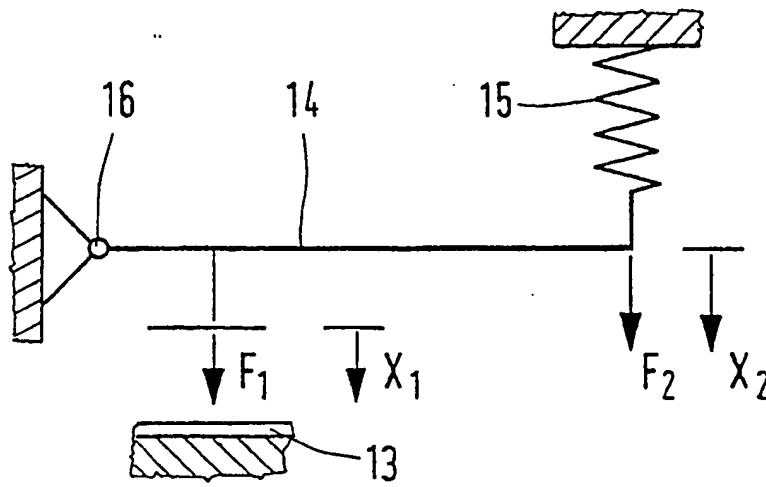


Fig. 3

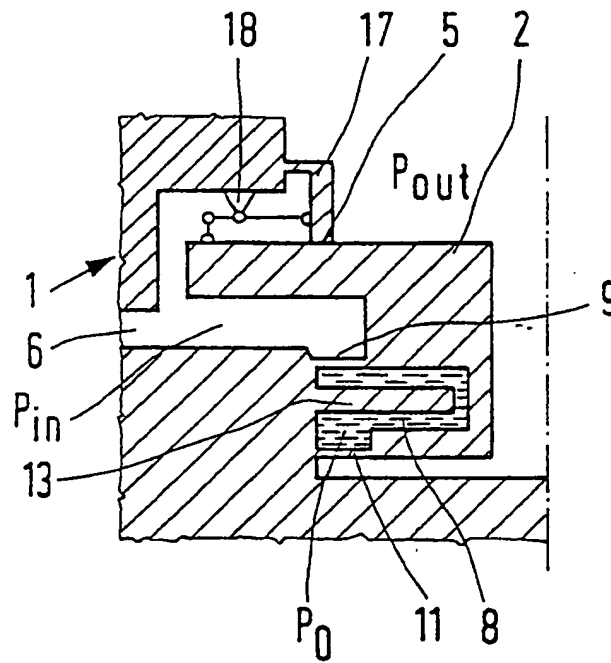


Fig. 4

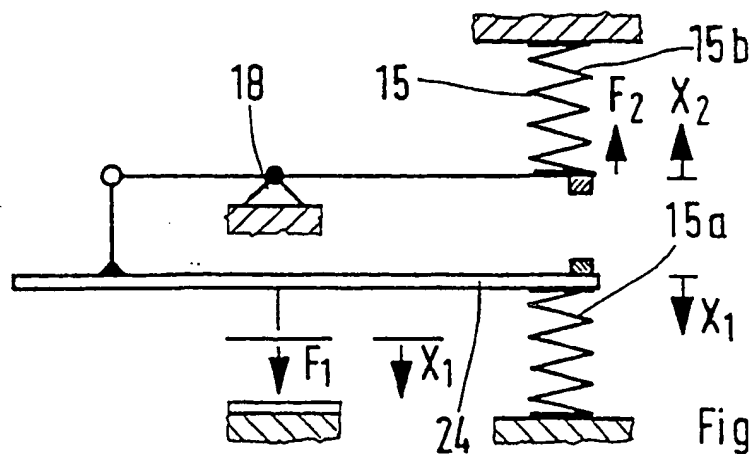


Fig. 5

